

Pemanfaatan Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografis Untuk Identifikasi Zonasi Pemunculan Mataair Di Kabupaten Boyolali

Muhamad Nur Hidayat

nurhidayat.muhamad@mail.ugm.ac.id

Sudaryatno

sudaryatno@ugm.ac.id

Abstract

Springs can identified from several approaches using the physical parameters, namely slope, landform, flowpattern, landuse, straightness, lithology, and rainfall. The Study aims to examine the ability of remote sensing images in extracting information on physical parameters of land for springs and the potential zoning of spring and analysis of distribution patterns in Boyolali District. The method used for research to analyzed parameters used a GIS to determine zoning of springs. Field survey were aims to check results of parameter accuracy and appearance of zoning map models. The results of study indicate that are three types of springs identified are depression springs, contact springs and fracture springs. The results of the accuracy of the zoning map was resulted spring appearance have accurated value of 78%, landuse (81.5%), slope (75%) and landform (88.2%). The distribution pattern of springs appearance tends to cluster with a value of -4.17 at the foot volcano.

Keywords: remote sensing, geographic information system, Landsat 8 OLI, ALOS PALSAR

Abstrak

Mataair dapat diidentifikasi dari beberapa pendekatan menggunakan parameter fisik lahan, yaitu kemiringan lereng, bentuklahan, pola aliran, penggunaan lahan, pola kelurusan, litologi, dan curah hujan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kemampuan citra peninderaan jauh dalam mengekstraksi informasi parameter fisik lahan untuk mataair dan untuk memetakan zonasi potensi pemunculan mataair serta analisis pola persebaran di Kabupaten Boyolali. Metode yang digunakan untuk penelitian ini adalah dengan menganalisis parameter dengan menggunakan sistem informasi geografis (SIG) untuk mengetahui zonasi pemunculan mataair. Survei lapangan dilakukan untuk mengecek hasil akurasi parameter dan model peta zonasi pemunculan. Hasil penelitian ini menunjukkan terdapat tiga jenis mataair yang diidentifikasi, yaitu mataair depresi, mataair kontak dan mataair rekahan. Hasil akurasi peta zonasi pemunculan mataair yang dihasilkan memiliki nilai akurasi sebesar 78 %, penggunaan lahan (81,5 %), kemiringan lereng (75 %) dan bentuklahan (88,2 %). Pola persebaran pemunculan mataair cenderung mengelompok dengan nilai -4,17 di kaki gunung api.

Kata kunci : penginderaan jauh, sistem informasi geografi, Landsat 8 OLI , ALOS PALSAR

PENDAHULUAN

Sumber mata air adalah sumber daya yang penting bagi kehidupan manusia dan semua makhluk yang ada di bumi. Ketersediaan air sebagai sumberdaya yang dapat diperbarui sudah menjadi bagian penting dari kehidupan masyarakat.. Dari waktu ke waktu cadangan air cenderung berkurang, disisi lain populasi manusia semakin bertambah yang dapat menambah kebutuhan bumi air bersih untuk dikonsumsi. Mata air merupakan salah satu jenis sumberdaya air yang penting terutama untuk keperluan air minum dan irigasi.

Kabupaten Boyolali secara umum merupakan wilayah yang terletak pada kondisi hidrologi curah hujan yang tidak merata sepanjang tahun. Permasalahan kekurangan air bersih meningkat pada musim kemarau. Enam kecamatan di kabupaten Boyolali di laporkan mengalami kekurangan air bersih, yaitu Juwangi, Wonosegoro, Karanggede, Kemusu, Andong, dan kecamatan Musuk. Total sementara ada 41 desa, jumlah tersebut diperkirakan masih bertambah karena baru memasuki musim kemarau. Kepala Badan Penanggulangan Bencana Daerah Boyolali (BPBD) Nor Kamdani mengatakan, sementara desa yang sudah mengajukan permintaan air bersih di Kecamatan Musuk. (Wartawabengan, 2015).

Penginderaan jauh digunakan untuk mengekstraksi beberapa informasi karakter fisik lahan yang berpengaruh terhadap pemunculan mata air sedangkan sistem informasi geografis digunakan untuk mengumpulkan parameter dan untuk melakukan simulasi spasial untuk memperoleh informasi potensi

persebaran pemunculan mataair. Landsat 8 memiliki 9 band pada sensor OLI (*Operational Land Imagery*) diantaranya adalah VNIR (*Visible Near Infrared*), SWIR (*Shortwave Infrared*) dan Pankromatik. Sensor yang kedua adalah sensor thermal (*Thermal Infrared Sensor*) yang terdiri dari dua band thermal. ALOS PALSAR merupakan salah satu sensor yang terdapat pada satelit ALOS atau DAICHI yang merekam geometri permukaan bumi yang memiliki resolusi spasial 12,5 meter untuk mengekstraksi beberapa parameter karakteristik fisik lahan dan merepresentasikan elevasi permukaan bumi dalam bentuk digital.. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan zonasi pemunculan mataair melalui pendekatan fisik lahan, mengkaji kemampuan citra melalui teknik *pan-sharpened colour composited* dan menganalisis pola persebaran mataair.

METODE PENELITIAN

Secara umum data diperoleh dari ekstraksi citra penginderaan jauh dan cek lapangan. Alat dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Bahan

- a. Citra Landsat 8 OLI tanggal perekaman
- b. Citra DSM ALOS Palsar
- c. Data Curah hujan Kabupaten Boyolali tahun 2007 – 2016
- d. Peta Hidrogeologi Kabupaten Boyolali skala 1 : 250,000
- e. Peta Geologi Kabupaten Boyolali skala 1 : 100,000

f. Peta Rupabumi Digital Indonesia skala 1:25,000

2. Alat Perangkat Keras

- Global Positioning System* (GPS)
- Cek list
- Kamera
- Abney Level
- Kompas
- Laptop Lenovo AMD A8

3. Alat Perangkat Lunak

- Arc GIS 10.3
- ENVI 4.5
- Global Mapper
- Ms. Office 2013
- Base Camp

Teknik penajaman citra dilakukan pada citra Landsat 8 melalui teknik fusi citra multispektral atau *pan-sharpened colour composite*. Teknik ini dilakukan dengan menggabungkan citra multispektral yang memiliki resolusi spasial 30 meter dengan citra pankromatik yang memiliki resolusi spasial 15 meter sehingga menghasilkan citra multispektral baru dengan resolusi spasial 15 meter.

Proses pembuatan peta parameter dilakukan dengan menggunakan klasifikasi digital dan klasifikasi konvensional berbasis citra penginderaan jauh. Klasifikasi digital dilakukan dengan metode klasifikasi multispektral melalui teknik *maximum likelihood* pada parameter penggunaan lahan. Peta curah hujan dibuat dengan analisis interpolasi pada setiap stasiun hujan

dengan data curah hujan selama 10 tahun.

Analisis tumpang susun dilakukan dengan menggunakan SIG pada parameter penggunaan lahan, kemiringan lereng, batuan, curah hujan dan bentuklahan. Berikut tabel penentuan skor zonasi pemunculan mataair di Kabupaten Boyolali.

Tabel 1 Pengkelasan Kelas Parameter

Parameter	Tidak berpotensi	Potensi agak kecil	Potensi sedang	Potensi agak besar	Potensi besar
	1	2	3	4	5
1 Penggunaan lahan	Pemukiman lahan terbangun	Ladang, tegalan, kebun campur	Padang rumput, semak	Kebun	Hutan
2 Kemiringan lereng (%)	<8	8 - 15	15 - 25	25 - 45	>45
3 Batuan	Andesit/aliran lava	Brekasi vulkanik	batu pasir, batuan gamping	endapan lahar,	endapan aluvium
4 Curah Hujan (mm/tahun)	<2500	2500 - 3500	3500 - 4500	4500 - 5500	>5500
5 Bentuklahan	Kerucut Gunung Api	Lereng Atas Gunung Api	Perbukitan asal proses struktural, perbukitan gunung api terdenudasi	Lereng Gunung Api Tengah, satuan bentuklahan asal proses fluvial	Lereng Gunung Api bawah, kaki gunung api

Sumber : Kuncoro (2015) dengan modifikasi

Analisis menggunakan SIG pada beberapa parameter parameter yang berbentuk poligon yang berpengaruh terhadap pemunculan mataair dilakukan pada parameter bentuklahan, curah hujan, batuan, kemiringan lereng dan penggunaan lahan. Peta zonasi pemunculan mataair.

Tabel 2 Penentuan Kelas Zonasi Mataair

No	Klasifikasi	Jumlah Mataair	Skor
1	Tidak Berpotensi	0	0 - 5
2	Potensi Rendah	0 - 4	6 - 10
3	Potensi Sedang	5 - 10;	11 - 15
4	Potensi Tinggi	10 - 16	16 - 20
5	Potensi Sangat Tinggi	> 16	21 - 25

Sumber : Kuncoro (2015) dengan modifikasi

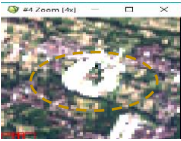

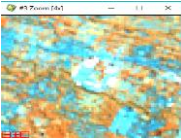
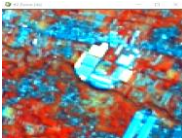
Proses uji ketelitian dilakukan dengan menggunakan *confusion matrix* atau matriks kesalahan. Pertimbangan yang dilakukan adalah dengan mempertimbangkan kesalahan hapusan (*omission error*/kesalahan omisi) dan kesalahan imbuhan/komisi (*commission error*). Melalui cara ini maka dapat diperoleh bukan hanya akurasi kategori namun juga akurasi pada setiap kategori.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fusi Citra

Metode fusi citra melalui Teknik *pan-sharpened colour composite* merupakan suatu metode yang digunakan untuk meningkatkan resolusi spasial citra komposit dengan menggabungkan citra multispektral dengan keunggulan resolusi spasial yang lebih detail.

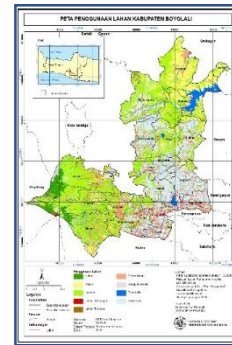
Tabel 3 Perbandingan Citra sebelum dan sesudah dilakukan fusi citra

Sebelum	Sesudah
	
Komposit 432	Fusi Citra 432
	
Komposit 457	Fusi Citra 457

Klasifikasi Penggunaan Lahan

Hasil klasifikasi penggunaan lahan menghasilkan beberapa kelas, diantaranya : hutan, kebun, lahan terbangun, permukiman, lahan terbangun, sawah, tegalan, rumput / semak belukar dan tubuh air. Hasil klasifikasi penggunaan lahan perlu dilakukan cek lapangan untuk mengetahui nilai akurasi

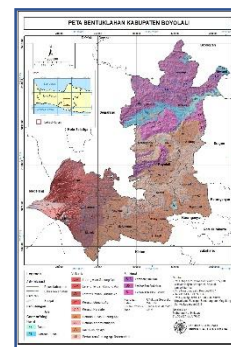
pada citra yang telah dilakukan proses klasifikasi.



Gambar 1 Peta Penggunaan Lahan Kabupaten Boyolali

Interpretasi Bentuklahan

. Hasil interpretasi bentuklahan yang ada pada daerah kajian terdapat tiga macam bentuklahan, yaitu bentuklahan asal proses vulkanik, bentuklahan asal proses fluvial dan bentuklahan asal proses struktural.



Gambar 2 Peta Bentuklahan Kabupaten Boyolali

Berdasarkan gambar dapat dilihat bahwa pengelompokan satuan bentuklahan di Kabupaten Boyolali dapat dibagi menjadi.

- Satuan bentuklahan asal proses vulkanik meliputi : kerucut gunung api, lereng (atas, tengah, dan bawah) gunung api, kaki gunung api, dataran fluvio gunung api, perbukitan gunung api terkikis, dan kerucut parasiter.
- Satuan bentuklahan asal proses struktural meliputi : perbukitan blok sesar, lembah sinklinal, dan perbukitan antiklinal.

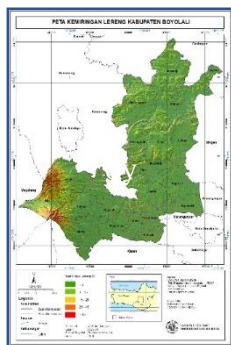
c) Satuan bentuklahan asal proses fluvial meliputi : dataran fluvial dan waduk.

Kemiringan lereng

Berdasarkan penurunan informasi DSM ALOS PALSAR menjadi “*slope*” menghasilkan kelas kemiringan lereng di Kabupaten Boyolali. Kemiringan lereng 0 % – 8 % atau datar memiliki luas 820 km².

Kemiringan lereng 8 – 15 % yang termasuk dalam kelas kelerengan landai memiliki luas 189.4 km² dengan dominasi bentuklahan lereng gunung api dan perbukitan struktural. Wilayah yang memiliki Kemiringan lereng 15 – 25 % yang termasuk kedalam topografi bergelombang memiliki luas 48.4 km² terletak pada wilayah puncak perbukitan struktural dan mayoritas lereng atas gunung api yang dilalui oleh sungai – sungai.

Kelas kemiringan lereng 25 – 45 % memiliki luas 35.6 km² terletak pada lereng atas gunung api dan hanya sedikit pada perbukitan struktural.. Kemiringan lereng >45 % memiliki luas sebesar 2.7 km² yang dominasinya terletak pada lembah yang cukup curam atau jurang.



Gambar 3 Peta Kemiringan Lereng Kabupaten Boyolali

Litologi

Kompleks Gunung Merapi tua dan Gunung Merbabu terletak di sisi utara hingga timur lereng merapi yang terdiri dari batuan beku breksi, andesit dan lelehan lava. Kompleks batuan ini memiliki luas 17,9 km² dengan kemiringan lereng rerata > 30%

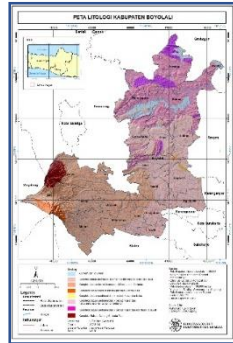
Kompleks batuan beku masif gunung api, piroklastik dan batuan sedimen berbutir kasar. Batuan beku masif gunung api terdiri dari tuff, breksi gunung api dan endapan vulkanik dan merupakan hasil dari aktivitas Gunung Merapi muda. Material piroklastik dihasilkan oleh aktivitas Gunung Merapi muda pada zaman kuartir. Satuan litologi ini memiliki luas 371,76 km²

Kompleks batuan alluvium terletak pada sisi tengah Kabupaten Boyolali tepatnya di lembah antar perbukitan struktural yang memiliki kemiringan lereng 0%–8% yang merupakan hasil proses sedimentasi dan erosi material. Endapan material alluvium (Qa) tersusun atas kerakal, kerikil, pasir, lanau dan lempung.

Kompleks batuan piroklastik, sedimen klastik berbutir halus dan berbutir kasar terdiri batuan breksi vulkanik dibagian bawah dan ditutupi oleh perselingan endapan tuf dibawah yang terbentuk pada zaman kuartir tepatnya pada kala plistosen akhir. Kompleks batuan ini memiliki luas area 337,9 km².

Kompleks batuan piroklastik, sedimen klastik berbutir kasar dan halus serta batu gamping termetamorf dibawah terbentuk pada zaman tersier pada kala miosen tengah yang tersebar di Kecamatan Juwangi,

Wonorejo, Karanggede, dan Kemusu.



Gambar 4 Peta Litologi Kabupaten Boyolali

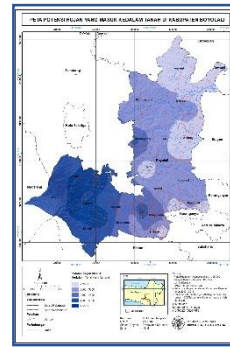
Curah Hujan

Data curah hujan diolah menjadi rerata akumulasi intensitas curah hujan selama 10 tahun. Semakin banyak curah hujan yang jatuh ke permukaan tanah maka kemunculan mataair akan semakin tinggi. Gambar 2 menunjukkan grafik intensitas curah hujan pada daerah penelitian.



Gambar 5 Grafik akumulasi curah hujan

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan bahwa rerata selama 10 tahun pada daerah kajian sebesar 2632 mm/tahun dan rerata jumlah hari hujan sebesar 104 mm/ tahun dengan nilai curah hujan maksimum sebesar 3891 mm/tahun di stasiun Penjalinan (Kecamatan Teras).



Gambar 5 Peta Potensi Air yang Masuk ke dalam tanah

Pola Aliran

Pola aliran radial terletak di satuan bentuklahan asal proses vulkanik terutama pada lereng atas gunung api. Kenampakan pola aliran radial terlihat banyak memiliki anak sungai yang bercabang. Pola aliran dendritik dan subdendritik dipengaruhi oleh faktor litologi yang homogen dan tidak resisten terhadap erosi sehingga membentuk pola sungai yang cukup rapat. Persebaran pola aliran ini pada daerah penelitian terdapat di satuan bentuklahan kaki gunung api dan dataran fluvio vulkan yang umumnya memiliki kemiringan lereng sebesar 0 – 15 %.

Pola aliran trellis merupakan pola aliran yang berkembang pada batuan sedimen klastik yang dikontrol oleh struktur geologi berupa lipatan antiklinal dan sinklinal. Karakteristik yang diperoleh pada daerah kajian memiliki bentuk sejajar dan mengalir mengikuti kemiringan lereng permukaan bumi. Pola aliran anastomik berkembang pada wilayah yang memiliki topografi datar. Kenampakan pada daerah kajian terletak di satuan bentuklahan asal proses fluvial dengan mayoritas proses yang terjadi adalah sedimentasi material. Material alluvium berupa kerakal, kerikil, pasir

dan lempung mendominasi pada formasi batuan yang memiliki umur holosen.

Pola Kelurusan

. Persebaran pola kelurusan pada daerah penelitian terdapat pada batuan prioklastik yang terdiri dari batuan breksi gunung api, lava tuf dan batuan pasir, batuan sedimen klastik berbutir kasar dan berbutir halus yang terdiri dari batuan sedimen flych, napal pejal, tuffan, batu pasir dan sedimen non klastik yang terdiri dari batuan gamping yang memiliki umur tersier.

Akurasi Interpretasi Parameter

Uji akurasi parameter dilakukan pada beberapa parameter, yaitu bentuklahan, penggunaan lahan dan kemiringan lereng. Akurasi hasil klasifikasi penggunaan lahan menghasilkan nilai akurasi interpretasi sebesar 81,57 %. Kesalahan tersebut terletak pada objek ladang yang memiliki jumlah sampel sebanyak 24 namun hanya terdapat 17 sampel yang sesuai dengan kondisi lapangan. Terdapat 7 objek sampel lapangan yang tidak sesuai dengan kondisi lapangan, diantaranya adalah 2 sampel kebun, 1 sampel lahan terbuka, 2 sampel permukiman dan 2 sampel sawah.

Uji validasi kenampakan bentuklahan di lapangan cukup sulit dilakukan sebab hanya beberapa kenampakan yang dapat diamati. Kemiringan lereng dan unsur batuan digunakan untuk membantu dalam menganalisis kenampakan bentuklahan di lapangan. Metode uji akurasi yang digunakan adalah *confusion matrix* seperti uji validasi penggunaan lahan. Secara keseluruhan nilai uji akurasi pada bentuklahan

adalah 88.2 % yang dapat digunakan untuk analisis selanjutnya.

Uji akurasi kemiringan lereng menunjukkan bahwa tingkat ketelitian kemiringan lereng secara keseluruhan (*Overall Accuracy*) adalah 75 %. Hal ini dapat disebabkan karena dalam proses pengukuran lereng di lapangan kurang memperhatikan aspek arah hadap lereng. Akurasi ekstraksi lereng dengan pengukuran lereng terendah pada lereng dengan nilai kemiringan lereng 25 – 45 % dengan kesalahan omisi sebesar 71.4 % dan akurasi pengguna sebesar 28.6 %.

Identifikasi Pemunculan Mataair

Berdasarkan klasifikasi Todd (1980) berdasarkan kejadiannya terdapat empat jenis mataair pada daerah penelitian, yaitu mataair kontak, vulkanik, rekahan dan depresi.

Mataair Depresi

Pemunculan mataair depresi berdasarkan hasil lapangan terdapat wilayah satuan bentuklahan asal proses struktural yang terusun atas batuan sedimen klastik berbutir halus dan kasar serta batuan sedimen non klastik pada bagian bawah. Mataair depresi yang terdapat pada daerah penelitian lebih diakibatkan oleh muka air tanah yang terpotong oleh permukaan topografi. Perbedaan material permukaan dan perubahan lereng menjadi penyebab munculnya mataair yang ditimbulkan oleh tenaga non gravitasi. Perubahan lereng yang tegas menimbulkan area menjadi terpotong sehingga muncul mataair. Pada area pemunculan mataair ini terletak pada batuan piroklastik, batuan tuf dan

perselingan dengan batu gamping dibawahnya.

Mataair Kontak

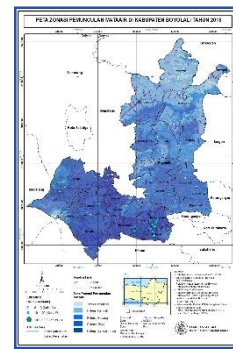
Mataair kontak muncul akibat proses kontak antara dua lapisan impermeable dibagian bawahnya. Perbedaan perlapisan batuan yang berbeda terutama pada bagian bawah yang bersifat *impermeable*. Kontak perlapisan batuan yang menyebabkan munculnya mataair adalah perlapisan batuan sedimen klastik berbutir kasar dan batuan gamping termetamorf dengan batuan endapan koluvium dan alluvium.

Mataair Rekahan

Mataair rekahan muncul dapat diakibatkan oleh adanya struktur geologi berupa kelurusan atau rekahan batuan beku. Rekahan dapat terjadi pada batuan yang memiliki material keras baik berupa material kompak maupun bongkahan. Satuan bentuklahan yang memiliki material keras atau batuan beku pada daerah penelitian adalah batuan breksi dan andesit vulkanik baik berupa batuan piroklastik, lava dan bongkahan – bongkahan hasil letusan gunung berapi. Rekahan juga dapat diakibatkan oleh tenaga endogen berupa patahan maupun kekar yang mengakibatkan munculnya mataair.

Peta zonasi pemunculan mataair yang dihasilkan menunjukkan persebaran pemunculan mataair yang dikategorikan sangat tinggi tersebar pada satuan bentuklahan asal proses vulkanik tepatnya tersebar pada kaki gunung api dan lereng bawah gunung api. Persebaran zona potensi sangat tinggi tersebut disebabkan karena faktor karakteristik batuan penyusun yang mudah dalam meloloskan dan menyimpan air yang masuk ke dalam

tanah. Air hujan yang turun akan tersalurkan melalui lereng atas gunung api yang merupakan area resapan air (*recharge area*) sehingga akumulasi airtanah yang teralirkan ke bawah akan semakin besar. Faktor kemiringan lereng yang tegas berpengaruh terhadap pemunculan mataair. Zona pemunculan mataair tinggi hingga sangat tinggi tersebar di Kecamatan Teras, Banyudono, Sawit, Mojosongo, dan Boyolali.



Gambar 6 Peta Zonasi Pemunculan Mataair

KESIMPULAN

1. Peta Zonasi Pemunculan Mataair di Kabupaten Boyolali yang berhasil dilakukan uji lapangan sebesar 78 %. Proses identifikasi dan analisis peta zonasi pemunculan mataair dilakukan berdasarkan ekstraksi informasi parameter fisik lahan yang berasal dari data penginderaan jauh , yaitu penggunaan lahan menghasilkan nilai uji akurasi sebesar 81,5 %, kemiringan lereng memiliki nilai uji akurasi sebesar 75 % dan bentuklahan memiliki nilai uji akurasi sebesar 88,2 %.

2. Pemetaan zonasi pemunculan mataair di Kabupaten Boyolali dibagi menjadi lima zona, yaitu tidak berpotensi, potensi kecil, potensi sedang, potensi tinggi dan potensi sangat tinggi.

3. Persebaran mataair di Kabupaten Boyolali berdasarkan analisis *nearest*

neighbor cenderung memiliki pola yang mengelompok dengan nilai - 4,17 yang menunjukkan pola persebaran mengelompok.

SARAN

1. Informasi terkait dengan karakteristik mataair melalui penelitian ini hanya sebatas informasi lokasi dan beberapa informasi dasar dari mataair Untuk melengkapi informasi tersebut perlu dilanjutkan melalui penelitian lain supaya informasi yang diberikan lebih mendetail.

2. Data citra penginderaan jauh yang digunakan dalam penelitian ini merupakan citra skala menengah, perlu menggunakan citra dengan resolusi spasial yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldrich, F.T.(1981) Landuse Data and their Acquisition : In Lounsbury , J.L., Sommers, L.M and Fernald, E.A (eds) Land use : A Spatial Approach. Kendall-Hunt Publishing Company : Dubuque ,Iowa, USA and Toronto, Ontario, Canada, hlm 79-95
- Aronoff, Stan. 1989. *Geographic Information Sytem: A Management Perspective*. Ottawa: WDL Publication.
- Asdak, Chay. 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Danoedoro,P.2012.*Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Kuncara, R.2015. Pemanfaatan Citra Landsat 8 Dan SRTM Untuk Pemetaan Ketersediaan Airtanah (Kasus Daerah Kabupaten Klaten Bagian Utara). Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada .
- Kuncara, R .Sudaryatno. Pemanfaatan Citra Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografis Untuk Pemetaan Lokasi Pemunculan Mataair Di Kabupaten Klaten. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- LilliesandandKiefer.1999. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Terjemahan Fakultas Geografi. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Lo, C.P. 1996. *Pengindraan Jauh Terapan*. Jakarta: Penerbit UniversitasIndonesia.
- Meijerink, A.M.J et.al. 2007. *Remote Sensing Applications to Groundwater*.Paris:UNESCO
- NASA,2008. Spesifikasi Citra Landsat 8.http://directory.eoportal.org/get_a_nounce.php?an_id=10001248).
- Sari, P,M. 2013. *Pemanfaatan Citra Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk Identifikasi Mataair di Kabupaten Sleman*.Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Soetoto, 2015. *Penginderaan Jauh untuk Geologi*. Yogyakarta : Penerbit Ombak
- Suharso, P. 1999. *Identifikasi Bentuklahan dan Interpretasi Citra untuk Geomorfologi*. Yogyakarta : PUSPICS Fakultas Geografi UGM –Bakosurtanal.
- Sutanto. 1986. *Penginderaan Jauh Jilid I*. Yogyakarta : Gadjah Mada University
- Todd,D.K.,andMays,L.W.2005.*Ground water Hydrology*.3rd ed. Jhon Wiley and Sons. London
- Verstappen, H. Th.1985.*AppliedGeomorphology*. Enschede:ITC.
- Zuidam,R.A.van.1983.Guide to Geomorphologic Aerial Photographic Interpretation and Mapping. Enschede Netherland ITC.